



高等职业教育机电工程精品课程“十二五”规划教材
四川省高等职业教育精品课程教材

傅贵兴 主编

设备故障 诊断与维护技术

SHEBEI GUZHANG
ZHENDUAN YU WEIHU JISHU



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业教育机电工程精品课程“十二五”规划教材
四川省高等职业教育精品课程教材

设备故障诊断与维护技术

主 编 傅贵兴

编写人员（按姓氏笔画）

毛 羽 伍倪燕 张德宏

黄 河 蒋世应 温洪昌

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 提 要

本书分为两个模块,共12章,第1~7章是基础知识和基本应用模块,第8~12章是机床设备应用模块。第1章是设备故障诊断与维修基础知识;第2章是振动基础与信号处理技术;第3章是故障诊断方法与诊断原则;第4章是设备振动检测诊断实施方案;第5章是其他常用监测诊断技术;第6章是常见故障现象监测诊断;第7章是机床电气故障诊断;第8章是设备数控系统与数控机床;第9章是数控机床的故障诊断与处理;第10章是数控设备的维护与保养;第11章是典型设备诊断维修技术应用;第12章是数控机床监测诊断应用实例。

本书结构合理、完整,条理清晰,符合教育部倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的职业教育精神,以培养应用型技能人才为目标,内容精炼,非常实用。

本书可作为职业院校三年制、五年制高职高专机电、数控专业类学生教材,也可作为成人教育、企业职工技术培训及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

设备故障诊断与维护技术 / 傅贵兴主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2011.3
高等职业教育机电工程精品课程“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5643-1058-5

I. ①设… II. ①傅… III. ①机电设备—故障诊断②
机电设备—维修 IV. ①TM07
中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第017007号

高等职业教育机电工程精品课程“十二五”规划教材
四川省高等职业教育精品课程教材

设备故障诊断与维护技术

主编 傅贵兴

*

责任编辑 李芳芳

特邀编辑 胡芬蓉

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都市二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 23.25

字数: 579千字

2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-1058-5

定价: 39.50元

图书如有印装质量问题,本社负责退换
版权所有,盗版必究,举报电话: 028-87600562

前 言

本书是根据教育部新制定的高等职业教育培养目标和规定的有关文件精神及设备状态监测与故障诊断、数控机床故障诊断与维修课程的教学基本要求而编写的。

设备故障诊断与维护技术是一项复杂的系统工程，是通过监测设备的状态参数，判断设备的运行状态，进而诊断设备的故障程度和故障部位，并进行维护修理的技术。诊断设备故障的方法呈多样性，需要理论紧密结合实际。

本书在编写时突出实用性，目的是让学生通过对本书的学习，掌握在企业生产实践中经常用到的常用设备诊断技术，设备特征参数的测取和信号的分析处理、状态识别和趋势判断等方面的基础知识和技能，熟悉检测诊断的实施过程，进行行之有效的修理，延长设备的使用寿命，提高经济效益。随着我国社会主义建设的飞跃发展，企业装备越来越多，功能也越来越多，设备复杂程度也越来越高，而这方面的人才却相当缺乏，供不应求，这些需求对职业教育提出了深入学习和培养设备故障诊断维护技术人才的要求。

本书编写特色：

1. 本书着眼于培养实用型技能人才，根据职业教育的特点，比较系统地介绍了设备故障诊断和维护的基本知识。

2. 在内容取舍上，根据培养应用型人才的目标，以必需、够用为度，注意深度和广度的结合，贯彻“少而精、启发式”的教学原则。本书编写时力求做到由浅入深，尽量避免高深的理论推导和分析。内容选择科学严谨，注重知识间的衔接，条理简明清晰。

3. 本书编写时从高职高专的实际需要出发，在叙述基本理论知识后，本书还在各章附有小结，其目的在于帮助学生从总体上把握知识体系，便于记忆和融汇贯通，掌握知识重点，指出易犯的错误或注意事项。

4. 本书采用最新的国家标准、国际标准，以及通用标准，有助于学生的学习。

5. 本书还精选了一些习题，以启发学生思维，帮助学生消化和深入理解所学知识，提高分析和解决实际问题的能力。这些习题在培养学生独立思考、富于联想、触类旁通、开发思维的能力方面往往会收到意想不到的效果，并可培养学生应用科学语言进行书面表达的能力。

6. 本书根据高职高专培养目标和企业实际需求，将机械设备与电子电气设备有机地结合，使学生避免只具有单一的机械或电气设备的诊断能力，从而更利于学生适应新的

技术要求，提高学生的社会适应能力。

7. 由于本书的实例相当一部分取材于生产实际，通过去粗取精、去伪存真，因此本书反映的知识和技能具有较强的实用性。

8. 本书的另一个特征是体现够用、实用的原则，不求知识的多而深，只求知识的精而实，使高职学生感到好学、愿学、实在，有触类旁通之效。

在编写时，作者根据自己长期在企业工作的经验和多年从事该课程的高职教育实践和实际需求，参考了有关技术资料和书目而编写的，具有较强的针对性。

本书在编写过程中得到陈琪老师的大力支持，并审阅了全书，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月

目 录

绪 论	1
第 1 章 设备故障诊断与维修基础知识	5
1.1 设备故障诊断概论和构成	5
1.2 设备故障诊断维修制度形成	9
1.3 设备维修制度的管理	12
小 结	15
习 题	15
第 2 章 振动基础与信号处理技术	18
2.1 机械振动基础	18
2.2 传感器与变换器	23
2.3 监测诊断系统	31
2.4 振动信号诊断分析方法	35
2.5 信号处理技术	41
小 结	48
习 题	49
第 3 章 故障诊断方法与诊断原则	51
3.1 故障的概念与诊断方法	51
3.2 故障信号的获取与检测	56
3.3 监测诊断实施的一般方法和原则	60
小 结	68
习 题	68
第 4 章 设备振动检测诊断实施方案	70
4.1 状态监测内容和评价体系	70
4.2 设备状态识别方法	74
4.3 设备状态趋势分析	80
4.4 现场操作实施方案	83
小 结	88
习 题	88

第 5 章 其他常用监测诊断技术	91
5.1 液压设备故障诊断	91
5.2 油液污染分析	97
5.3 设备声学诊断	103
5.4 设备温度诊断	111
小 结	114
习 题	114
第 6 章 常见故障现象监测诊断	117
6.1 旋转机械振动频率项	117
6.2 旋转机械不对中、不平衡	122
6.3 机械松动、油膜涡动、滑动轴承故障诊断	127
6.4 滚动轴承故障诊断	130
6.5 齿轮与传输带故障诊断	136
6.6 电动机故障诊断	143
6.7 步进电动机故障诊断	152
小 结	156
习 题	156
第 7 章 机床电气故障诊断	161
7.1 直观法	162
7.2 参数测量法	164
7.3 对比法、置换元件法、逐步开路（或接入）法	167
7.4 强迫闭合法、短接法	169
7.5 机床电气经验法诊断	172
小 结	176
习 题	176
第 8 章 设备数控系统与数控机床	178
8.1 数控技术的概念及其发展概况	178
8.2 数控系统的特点和组成	183
8.3 华中数控系统	187
8.4 FANUC 数控系统	192
8.5 常用数控机床简介	194
小 结	202
习 题	203
第 9 章 数控机床的故障诊断与处理	204
9.1 概 述	204
9.2 数控机床的故障诊断	206

9.3 数控机床的常见故障及处理	213
小 结	224
习 题	224
第 10 章 数控设备的维护与保养	226
10.1 数控设备机械部分和辅助部分的维护保养	228
10.2 数控设备供电控制部分的维护与保养	233
10.3 设备数控系统部分的维护与保养	234
10.4 数控机床功能检查与精度检验	236
小 结	239
习 题	240
第 11 章 典型设备诊断维修技术应用	242
11.1 减速机诊断应用	242
11.2 泵的故障诊断和维护	246
11.3 CA6140 普通车床故障诊断	259
11.4 X6132 万能铣床故障诊断	269
11.5 M7130 平面磨床故障诊断	282
小 结	287
习 题	288
第 12 章 数控机床监测诊断应用实例	290
12.1 数控机床主传动系统的故障诊断	290
12.2 数控机床进给系统的故障诊断	300
12.3 导轨副的故障诊断	307
12.4 自动换刀装置的故障诊断	312
12.5 回转工作台的故障诊断	321
12.6 数控系统的故障诊断	328
12.7 数控机床电气故障诊断	349
小 结	356
习 题	356
附录 1 有关振动标准的部分内容	360
附录 2 振动频率与可能的原因	362
参考文献	363

绪 论

设备故障诊断与维护技术包含监测诊断和维护管理两个方面：前者是判断设备在使用过程中的状态，确定是正常或异常，早期发现故障及其原因，并预报故障发展趋势的技术，是给设备“看病”的技术；后者是在前者的基础上实施相应的操作，是给设备的“处方”。这里所说的“设备”是广泛意义上的设备，不仅包括各类运动机器设备，还包括管道、阀门、工业炉等静态设备以及电子、电气设备等。

设备故障诊断技术全称是状态监测与故障诊断，最初形成于英国，由于其实用性以及为企业和社会带来的效益，日益受到企业和各国政府的重视。特别是近 30 年来，随着科学技术的不断进步和发展，尤其是测试技术、计算机技术的迅速发展和普及，它已逐步成为一门较为完整的学科。该学科以设备管理、状态监测和故障诊断为内容，以建立新的维修制度为目标。

随着现代科学技术的进步与发展，设备越来越大型化，功能越来越多，结构越来越复杂，自动化程度也越来越高。随之而来的问题是，一旦关键设备发生故障，不仅会造成巨大的经济损失，而且可能危及人身安全，产生重大的社会影响。因此，人们对设备的安全、稳定、长周期、满负荷运行的要求也越来越迫切，希望能及时了解设备运行状态，预防故障，杜绝事故，延长设备运行周期，缩短维修时间，最大限度地发挥设备的生产潜力。这就对设备管理提出了更高的要求，同时也是新形势下设备管理与设备故障诊断领域所面临的新的机遇和挑战。将设备状态监测与故障诊断技术应用于生产实践，使其在现代设备管理过程中发挥越来越大的作用，为国民经济建设服务，是故障诊断领域科研人员与广大现场工程技术人员所肩负的任务与使命。

设备状态监测与故障诊断技术是一项复杂的系统工程。它需要借助机械振动、转子动力学电气设备，还要借助电路原理等理论来深入研究设备的故障机理，运用现代测试技术来监测设备运行的振动、噪声、温度、压力和流量等参量，利用信号分析与数据处理技术对这些信息进行分析处理，建立动态信息与设备故障之间的联系，并以计算机技术为核心，建立设备状态监测与故障诊断系统，进行故障的分析诊断。

设备状态监测与故障诊断是通过监测设备的状态参数，判断设备的运行状态进而诊断设备的故障程度和故障部位的技术。由于设备种类繁多，反映设备运行状态的参数也不尽相同，因此，诊断设备故障的方法也呈多样性，但是诊断故障的思路却是相似的，即用测试仪器测取最能反映设备运行状态的敏感参数，经过信号处理和分析判断后，确定设备的故障状态和故障程度。这种诊断技术，一改过去单凭人的经验判断设备故障的方法，提高了故障诊断的可靠性和准确性，同时，也便于分析存储、比较和统计，可借助于计算机进行分析运算，使诊断工作更加迅速有效。

一台设备从设计、制造到安装、运行、维护和检修有许多环节，任何环节的偏差都会造

成设备性能劣化或产生故障。同时,设备在运行过程中处于各种各样的条件下,其内部必然会受到力、热、摩擦等多种物理、化学作用,使其性能发生变化,最终导致设备产生故障。

早期的设备维修体制基本上是事后维修,即设备发生故障后再进行维修。随着流程化工业的推广,这种落后的管理模式往往会造成巨大的经济损失,因此又逐步推行定期维修。例如,我们通常实行的按年度大修计划安排的大修就是一种定期维修。随着对设备故障机理的研究和设备管理水平的提高,人们又进一步认识到,定期维修实际上既不经济又不合理,最大的问题是无法解决“维修不足”和“维修过剩”二者之间的矛盾。因为定期维修周期是根据统计结果确定的,在这个周期内仅有 2% 的设备可能出现故障,而 98% 的设备还有剩余的运行寿命,这种谨慎的定期大修反而增加了停机率,也提高了设备维修成本。美国航空公司对 235 套设备调查的结果表明,66% 的设备由于人的干预破坏了原来的良好配合,降低了可靠性,造成故障率上升。因此,将预防性定期维修逐步过渡到“状态维修”已经成为提高生产率的一条重要途径,也是现代设备管理的需要。

近年来,现代化维修管理的一个主要特征是将一个企业中的各种不同维修方式进行组合。从事后维修到按设备的状态进行维修及以可靠性为中心的维修,是根据技术和管理的发展而产生的,虽然有落后的、一般的、先进的以及最先进的之分,但是,这些维修方式都是可以用的并且也都在用,只是效果不同,对象不同,用的多少不同。一个企业由于设备繁多,所处的地位均不完全相同,用比较完善的分类法可以把不同的设备分得很清楚。这样,对不同类别的设备采用不同的维修方式或策略或措施,就形成了以一种维修方式为主体的多种维修方式组合的运作方式,这是现代维修管理的一个主要内容,也是提高维修效率和效益的一种方法。国外在以可靠性为中心的维修方式中,大力推行了各种不同的维修方式或措施组合的方法。由于它是将单台设备或部件按其在整个系统中的可靠性程度进行分类,再用逻辑推理来进一步分析每个单元的采取各种维修措施的可能性,从而导出了应采取的维修措施或方法,构成了多种维修方式和措施组合的局面,因而它的维修方式及措施的种类是比较多的,这与其复杂程度有关。在此我们应根据具体情况参照这些原则和经验做好工作。

近年来,振动与噪声理论、测试技术、信号分析与数据处理技术、计算机技术及其他相关基础学科的发展,为设备状态监测与故障诊断技术打下了良好的基础,而工业生产逐步向大型化、高速化、自动化及流程化方向发展,又为设备故障诊断和维护技术开辟了广阔的应用前景。可以预见,这项源于生产实际又与近代科学技术发展密切相关的新兴学科在实际生产中必将发挥越来越大的作用。

设备诊断和维护技术是一门涉及面广、理论较深、实用性很强的技术。它不但需要具备高等数学、普通物理等基础知识,还需要了解机械设备、电气设备的构造和传动过程、工作原理,以及机械加工、润滑技术、电路等专业知识。由于设备诊断技术的基础是测试技术,所以,对一些诊断方法所用到的测试仪器还应该充分了解。可见,设备诊断技术为正确判断设备的运行状态和故障根源,开展设备预测维修和正确管理提供依据。因此,学习此课程时,应紧紧围绕这一目的,对于教材所涉及的各种诊断仪器,应了解其外部特性和基本工作过程;对于必要的数学公式,应侧重于了解其应用范围和公式含义;对于诊断的基本概念和常用技术,则应重点理解和掌握;对于理论性较强的信号处理技术,则应了解各种分析方法的物理含义和所能说明的故障类型;对于教材介绍的各种诊断方法,应注重了解其基本思路和适合诊断的故障类型。

由于设备故障诊断与维护技术具有很强的应用性,因此学习该课程时,应当突出这一特点。在条件允许的情况下,尽可能多开设一些实验。通过适当的实验,可以验证各种诊断理论,同时,也只有通过实验才能真正掌握各种诊断方法。从某种意义上讲,及时而又正确地开设诊断实验实训,是学好这门课程的重要保证。

科学在发展,技术在进步,设备故障诊断与维护技术也像其他技术一样处于不断发展和完善的过程中。特别是计算机技术的应用,为设备故障诊断与维护技术的应用起到了促进作用。近些年来,随着设备管理工作的开展和深入,设备诊断技术的应用越来越广泛。新的诊断仪器不断开发和完善,新的诊断方法不断出现,可以说设备故障诊断与维护技术越来越成为现代化企业设备维修与管理工作不可缺少的技术手段。

一、本课程特点

- (1) 本课程要求学生具有多方面的基础知识,是对学生综合知识能力的全面检验。
- (2) 培养目标:掌握常用机电设备状态监测方法与故障诊断和维护修理的基本技术,为今后从事机电设备维护与修理技术工作打下坚实的基础。
- (3) 研究内容:如图 1 所示。

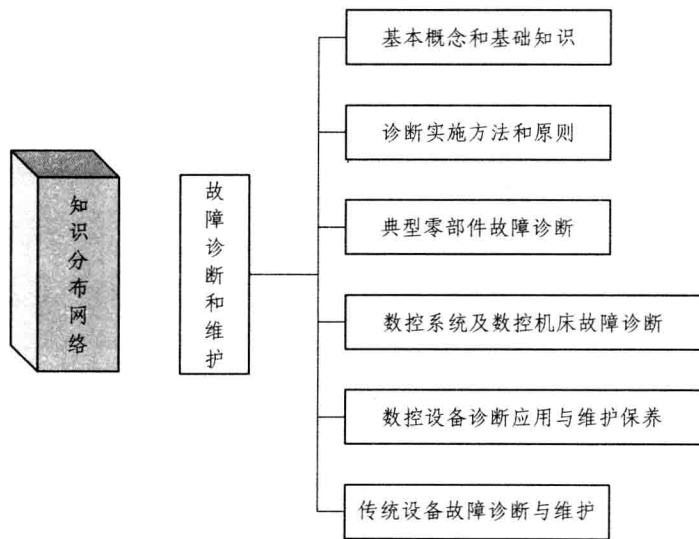


图 1

二、本课程任务

- (1) 了解设备故障诊断与维护的重要性,常用传感器及其工作原理。
- (2) 掌握机电设备的状态特征参量与测试方法。
- (3) 正确识别故障特征和初步原因分析。
- (4) 通过实训,掌握设备故障“六诊”“九法”。
- (5) 掌握普通设备和数控机床的维护修理技术。

作为设备维修与管理专业的学生,为能适应设备现代化管理工作的需要,学习和掌握设备故障诊断和维护技术十分必要,通过本课程的学习学生应达到下列要求:

- (1) 了解设备故障诊断技术的基本构成。
- (2) 掌握设备运行中的状态参数的测取和处理方法。
- (3) 掌握设备简易诊断方法，能正确使用常用的诊断仪器，开展诊断工作。
- (4) 熟悉诊断的基本原则，会传统设备的故障诊断和维护。
- (5) 会数控机床常见故障的诊断和维修处理。
- (6) 了解部分典型零部件的故障特征和诊断方法。

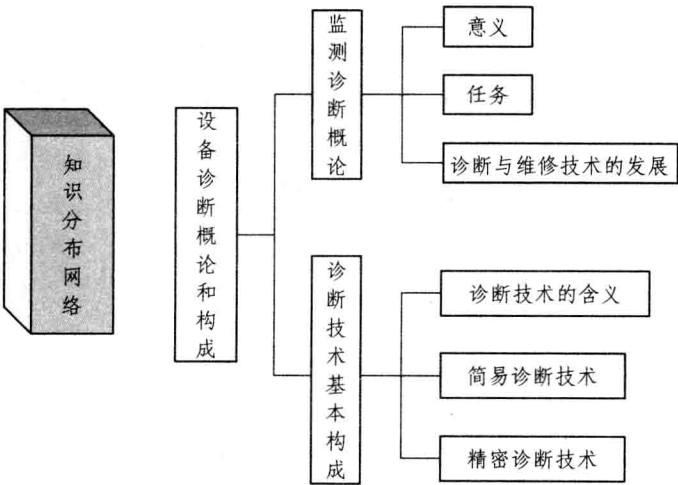
为了达到上述要求，在学习诊断技术时，要注意这门课程的特点，采取正确的学习方法。

第1章 设备故障诊断与维修基础知识

教学导航

教	知识重点	设备监测诊断的意义、任务，诊断技术的基本构成
	知识难点	设备诊断维修制度的形成和分析，设备维护工时定额
	推荐教学方式	传统教学方式 + 任务驱动教学法
	推荐考核方式	口试（认知）+ 笔试（基本知识）
学	推荐学习方法	课堂：听课 + 讨论 + 互动 课外：了解企业现行的维修方式，了解设备管理的常用方法
	必须掌握的理论知识	设备状态监测与故障诊断的意义、定义，设备状态类型，诊断技术的基本系统，预知性维修的特点
	必须掌握的工作技能	能区别三种维修制度，会工时定额计算

1.1 设备故障诊断概论和构成



- 任务：1. 了解生产设备的现状。
2. 正确理解设备监测诊断的意义。
3. 掌握诊断技术的构成。

1.1.1 设备故障诊断的意义

随着现代大生产的发展和科学技术的进步,生产系统本身的规模变得越来越大;现代设备的结构越来越复杂,功能越来越完善,自动化程度也越来越高;各部分的关联越来越密切;设备组成与结构越来越复杂。这些变化对于提高生产率、降低生产成本、提高产品质量起到了积极的作用。但另一方面,设备一旦发生故障,即造成停产、停工,尽管时间不会很长,但其造成的经济损失和社会影响可能比过去低生产水平时要大得多。由于许多无法避免的因素的影响,有时设备会出现各种故障,以致降低或失去其预定的功能,甚至造成严重的灾难性事故,如国内外曾经发生的各种空难、海难、爆炸、断裂、倒塌以及毁坏泄漏等恶性事故,都因生产过程中设备不能正常运行或机器设备损坏而造成巨额的经济损失。

现代设备运行的安全性与可靠性取决于两个方面:一是设备设计与制造的各项技术指标的实现,为此设计中要采用可靠性设计方法,要有提高安全性的措施;二是设备安装、运行、管理、维修和诊断措施和制度的落实。现在,设备诊断技术、修复技术和润滑技术已列为我国设备管理和维修工作的3项基础技术,成为推进设备管理现代化、保证设备安全可靠运行的重要手段。

设备故障诊断是指在设备运行中或相对静止条件下测取状态信息,根据信息确定系统故障原因的过程。它通过各种手段,掌握产生故障的部位和原因,并预测、预报设备未来的状态,从而找出对策,是防止事故和计划外停机的有效手段。

设备故障诊断的目的是正确地对各种异常状态或故障状态做出诊断,预防或消除故障。对设备的运行进行必要的指导,提高设备运行的可靠性、安全性和有效性,以期把故障损失降低到最低水平,达到既保证设备安全可靠运行,又尽可能获得更大经济效益和社会效益的目的。

为了最大限度地减少生产损失,降低维修费用,世界各主要工业国家都在这方面采取了很多行之有效的措施。如采用先进的诊断仪器帮助维修人员早期发现设备异常,迅速查明故障原因,预测故障影响,从而实现有计划、有针对性地按状态维修,缩短检修时间,提高检修质量,减少备件储备,提高设备的维修管理水平。可见,若在我国采用设备状态监测与故障诊断技术,不仅可以减少维修费用,提高设备利用率,而且还可以尽快地改变我国长期以来单凭个人经验去寻找故障的落后状况。

1.1.2 设备故障诊断的任务

1. 状态监测

使用各种检测、测量、监测、分析和判别方法,对设备运行状态进行评估,判断出设备当前的状态。

设备状态通常有三种:正常状态、异常状态和故障状态。

(1) 正常状态:设备的整体或局部没有缺陷,或虽有缺陷但其性能仍在允许的范围内。

(2) 异常状态:缺陷有一定程度的发展,性能已经劣化,但仍能维持工作,此时应严密监视运行。

(3) 故障状态:设备性能指标已经大幅度下降,不能维持正常工作。按严重程度分为早

期故障、一般功能性故障（带病勉强运行）、紧急故障。

设备状态的颜色示性表示为：绿灯表示正常，黄色表示预警，红色表示报警。

2. 故障诊断

根据状态监测所获得的信息，结合已知的结构特性和参数以及环境条件、运行历史，对设备可能要发生的或已经发生的故障进行预报和分析、判断，确定其性质、类别、程度、原因和部位，指出故障发生和发展的趋势，提出控制和消除故障的对策措施，并加以实施，使设备恢复到正常状态。

一般来讲，故障和征兆之间不存在简单的一一对应关系，这就为故障诊断增加了难度，因此故障诊断有一个反复试验的过程。

3. 指导设备的管理维修

设备故障诊断是设备状态维修的重要基础工作，是提高设备可靠性、保证设备安全运行的重要手段，能提升企业设备管理水平，有效延长设备的使用寿命。

通过诊断设备故障的类型、部位和原因，为设备维修提供科学依据，指导企业及时采取维修措施，从而预防设备重大事故的发生，降低设备维护费用。

1.1.3 诊断技术的基本构成

1. 诊断技术的基本含义

设备诊断技术是指定量地掌握设备状态，预测设备的可靠性和设备性能指标；如果出现异常，就对其原因、部位、危险程度等进行识别和评价，得出正确的修正方案。

常用方法：

- (1) 振动和噪声诊断法。
- (2) 磨损残留物、泄漏物诊断方法。
- (3) 温度、压力诊断法。
- (4) 声发射诊断法。
- (5) 点参数诊断法。

对于机械设备，主要采用振动和噪声诊断法；对于电气设备，则主要采用点参数诊断法。

2. 设备诊断技术的基本系统

设备诊断技术的基本系统按完善程度通常分为简易诊断技术和精密诊断技术。

(1) 简易诊断技术。

简易诊断技术使用各类便携式诊断仪表和工况监视仪表，对设备有无故障及故障严重程度进行判断和区分。该技术宏观地、高效率地诊断众多设备有无异常，因而费用低。

(2) 精密诊断技术。

精密诊断技术使用较为复杂的诊断设备及分析仪器，除了能完成简易诊断的功能外，还能对故障的性质、类别、部位、原因及发展趋势做出判断和预测，费用较高。

两种基本系统可以用图 1.1 表示。

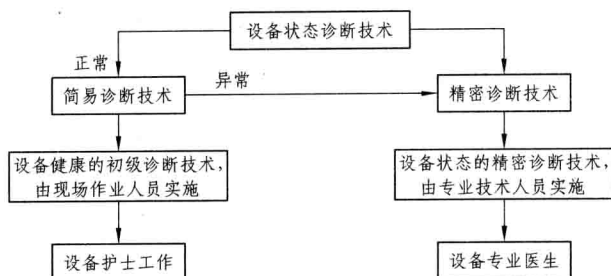


图 1.1 两种基本系统

1.1.4 故障诊断与维修技术的新发展

故障诊断技术是设备维修方式不断发展的产物。维修方式的发展阶段可以概述为：从事后维修逐步发展到定时的预防维修；再从预防维修发展到有计划的定期检查以及按检查发现的问题安排近期的预防性计划修理。维修方式的最新发展是预测维修，即通过对设备状态进行检测，获得相关的设备状态信息，根据这些信息判断出故障发生的时间、部位和形式，从而在故障发生前对设备进行维修，以消除故障隐患，做到防患于未然。显而易见，预测维修方式特别适合于高自动化、高技术、结构复杂的现代化设备，它可以有效减少设备的停机时间，从而实现以最小的维修投入和经济损失获取最大的效益。

实现预测维修的核心技术是设备故障诊断技术。目前，诊断技术在与信息有关的检测功能发展上，包括 6 个方面：① 状态监视功能；② 精密诊断功能；③ 便携和遥控点检功能；④ 过渡状态监视功能；⑤ 质量及性能监测功能；⑥ 控制装置的监视功能。另外，电机、电器诊断技术与仪器的研究将受到更多的重视，以改变过去在该方面投入较少的局面，设备的无损检测方式也将在今后有所突破。

目前设备故障诊断与维修领域的最新理论认为，设备故障诊断技术应在下述几个方面进一步转变观念：

(1) 应在企业中大力推广预测维修。美国宇航局 (NASA) 的相关研究表明，设备的故障概率曲线可以分为 6 种，其中第 F 类适用于一些复杂的设备，如发电机、汽轮机、液压气动设备及大量的通用设备，而该类设备故障概率曲线表明，在整个工作期内设备的随机故障是恒定不变的。这说明对大多数设备采用以时间为基础的维修 (TBM) 是无效的。日本的研究还发现，对设备每维修 1 次，故障率都会相应升高，在维修后 1 周之内发生故障的设备占 60%，此后故障率虽有所下降，但在 1 个月后又开始上升，总计可达 80% 左右。从这个意义上来讲，以时间为基础的维修对相当一部分设备来说不仅无益，反而有害。对于结构复杂、故障发生随机性很强的现代化设备，就更不宜采用以时间为基础的维修方式。因此，随着企业中现代化设备的迅速增加，更要大力倡导预测维修方式。

(2) 应更加重视现场设备简易诊断方式的应用，根据现场工作经验尽可能多地制定简易诊断标准。一些设备诊断专家的最新观点认为：精密诊断是重要的，而简易诊断更为重要。因为简易诊断方法容易掌握，便于推广应用，日常维修人员只要懂得一些基本方法即可开展对设备状态的监测。这样就大大提高了监测效率，减少了监测仪器的投入费用。

(3) 发展基于风险的维修 (RBM)。在美国一些企业中，倡导“最好的维修就是不要维

修”。因此，他们推出了基于风险的维修方式（RBM），这种维修方式是和设备故障率及损失费用相关联的。作为风险维修应考虑 3 个权重因子，它们分别是偶发率（O）、严重度（S）及可测性（D），合成为 $RBM = S \times O \times D$ ，其中每个分项各有其相关参数及计算方法。基于风险的维修实践同样表明：严重的故障并不多见，而一般不严重的故障却经常发生，在 RBM 中有两个指标，即安全因数（safety factor）和安全指数（safety index）来反映这一情况。

（4）设备精密诊断技术向多变量参数综合监测分析方向发展。鉴于现代生产企业对故障停机时间的要求越来越严格，因此，为进一步提高故障诊断的准确性，设备精密诊断技术开始向多变量参数综合监测分析方向发展。例如，对于轴承旋转的振动监测，采用多变量综合分析时，对一个测点要测 3 个方向（水平、垂直和纵向），过去由此造成的数据量增大，劣化趋势管理图中趋势曲线的互相重叠等问题，解决起来比较困难，现在可以充分利用现代化技术的各项成果来解决。如采用神经网络、遗传算法或主分量分析法等处理复杂的数据。

（5）远程诊断是诊断技术的发展趋势。通过远程诊断可以实现远隔万里的设备制造厂商与设备用户之间的信息交流，从而实现设备故障诊断。远程诊断可进行数据和图像的传输，不仅可以目视，还可以做计算机图像处理，这样就可以提高故障诊断的效率和准确性，有效地减少设备故障停机时间。

（6）设备诊断应向更广、更深的领域发展。当前，设备诊断除包括故障、过程和质量诊断外，国外还盛行设备的效率诊断。以通用水泵为例，水泵的寿命一般为 10 年，在 10 年寿命费用中，能源消耗约占 95%，维修费用占 4%，购置费占 1%。由此可见，要降低生产成本必须抓 95% 的能耗成本，方法就是及时进行设备效率诊断。水泵效率诊断的基本思想是测量液体的压力、温度，进行效率计算分析，确保水泵在最高效率处运行。具体做法是：通过水泵上的压力表、温度计、电动机功率计等仪表，将测量到的动态数据输出到 1 台泵效分析仪进行集成，并在微机上将结果显示出来。通过对水泵效率进行监测，及时对其进行必要的维修调整，保证其一直在最高效率处运行，在水泵的全部工作期中，一般可降低 10% 的能耗，其节约价值相当于 2 倍的维修费用。

1.2 设备故障诊断维修制度形成

